



# ADAMS & WILKS

ATTORNEYS AND COUNSELORS AT LAW  
50 BROADWAY  
31st FLOOR  
NEW YORK, NEW YORK 10004

BRUCE L. ADAMS  
VAN C. WILKS

JOHN R. BENEFIEL  
PAUL R. HOFFMAN  
TAKESHI NISHIDA  
FRANCO S. DE LIGUORI

• NOT ADMITTED IN NEW YORK  
• REGISTERED PATENT AGENT

RIGGS T. STEWART  
(1924-1993)

TELEPHONE  
(212) 809-3700

FACSIMILE  
(212) 809-3704

April 14, 2004

COMMISSIONER FOR PATENTS  
Washington, DC 20231

Re: Patent Application of Masayuki SUDA et al.  
Serial No. 10/045,563 Filing Date: January 11, 2002  
Examiner: Wesley Nicolas Group Art Unit: 1742  
Docket No. S004-4523

S I R:

The above-identified application was filed claiming the right of priority based on the following foreign application(s).

1. Japanese Patent Appln. No. 2001-200306 filed July 2, 2001
2. Japanese Patent Appln. No. 2001-007329 filed January 16, 2001
3. Japanese Patent Appln. No. 2001-350641 filed November 15, 2001
4. Japanese Patent Appln. No. filed
5. Japanese Patent Appln. No. filed
6. Japanese Patent Appln. No. filed
7. Japanese Patent Appln. No. filed
8. Japanese Patent Appln. No. filed
9. Japanese Patent Appln. No. filed
10. Japanese Patent Appln. No. filed
11. Japanese Patent Appln. No. filed

Certified copy(s) are annexed hereto and it is requested that these document(s) be placed in the file and made of record.

## MAILING CERTIFICATE

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first-class mail in an envelope addressed to: COMMISSIONER OF PATENTS & TRADEMARKS, Washington, DC 20231, on the date indicated below.

MICHAEL RUAS

Name

Signature

APRIL 14, 2004

Date

BLA:mr  
Enclosures

Respectfully submitted,

ADAMS & WILKS  
Attorneys for Applicant(s)

By:

Bruce L. Adams  
Reg. No. 25,386

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2001年 7月 2日  
Date of Application:

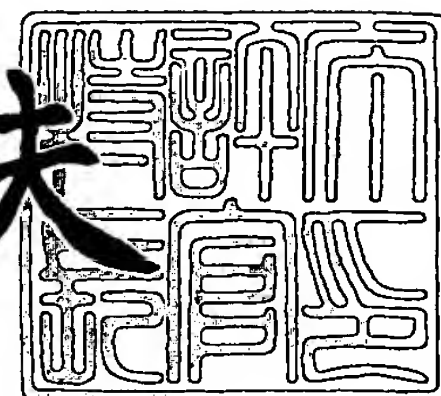
出願番号 特願2001-200306  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP 2001-200306]

出願人 セイコーインスツルメンツ株式会社  
Applicant(s):

2004年 2月25日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3013418

【書類名】 特許願

【整理番号】 01000530

【提出日】 平成13年 7月 2日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B23H 3/00

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス  
ツルメンツ株式会社内

【氏名】 須田 正之

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス  
ツルメンツ株式会社内

【氏名】 渡邊 直哉

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス  
ツルメンツ株式会社内

【氏名】 古田 一吉

【特許出願人】

【識別番号】 000002325

【氏名又は名称】 セイコーインスツルメンツ株式会社

【代表者】 入江 昭夫

【代理人】

【識別番号】 100096378

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂上 正明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008246

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0103799

【プルーフの要否】 不要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 可動構造体製作方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板とその上に形成した構造体材料層から構成され、前記構造体材料層の一部が前記基板と固着された状態にある構造体固定部を形成し、かつ、前記構造体固定部以外の前記構造体材料層は、前記基板と固着しておらず、前記基板に対する相対位置を変化させることが可能な構造を有する可動構造体の製作方法において、  
基板材料の表面に中間層となる材料の層を堆積させる中間層形成工程と、  
中間層の一部を除去して前記基板表面を露出させ、構造体固定部を形成する構造体固定部形成工程と、  
前記中間層および前記構造体固定部の表面に、前記中間層とは別種である構造体の材料となる層を堆積させる構造体材料層形成工程と、  
前記構造体材料層を、可動部の外形形状に沿って加工を行う可動部形状加工工程と、  
前記中間層のみを選択的に除去し、構造体固定部以外の前記構造体材料層と前記基板とを分離する可動部分離工程を含み、  
かつ、前記可動部形状加工工程が、化学的加工プロセスにより行われることを特徴とする可動構造体製作方法。

【請求項 2】 基板とその上に形成した構造体材料層から構成され、前記構造体材料層の一部が前記基板と固着された状態にある構造体固定部を形成し、かつ、前記構造体固定部以外の前記構造体材料層は、前記基板と固着しておらず、前記基板に対する相対位置を変化させることが可能な構造を有する可動構造体の製作方法において、  
構造体固定部となる領域以外の基板材料の表面に、中間層となる材料の層を堆積させる中間層形成工程と、  
前記中間層および前記構造体固定部の表面に、前記中間層とは別種である構造体の材料となる層を堆積させる構造体材料層形成工程と、  
前記構造体材料層を、可動部の外形形状に沿って加工を行う可動部形状加工工程

と、

前記中間層のみを選択的に除去し、前記構造体固定部以外の前記構造体材料層と前記基板とを分離する可動部分離工程を含み、

かつ、前記可動部形状加工工程が、化学的加工プロセスにより行われることを特徴とする可動構造体製作方法。

【請求項3】 基板とその上に形成した構造体材料層から構成され、前記構造体材料層の一部が前記基板と固着された状態にある構造体固定部を形成し、かつ、前記構造体固定部以外の前記構造体材料層は、前記基板と固着しておらず、前記基板に対する相対位置を変化させることが可能な構造を有する可動構造体の製作方法において、

構造体固定部となる領域以外の基板材料の表面に、剥離層の形成を行う剥離層形成工程と、

前記剥離層および前記構造体固定部の表面に、構造体の材料となる層を堆積させる構造体材料層形成工程と、

前記構造体材料層を、可動部の外形形状に沿って加工を行う可動部形状加工工程と、

前記構造体固定部以外の前記構造体材料層と前記基板とを前記剥離層の表面で分離する、可動部分離工程を含み、

かつ、前記可動部形状加工工程が、化学的加工プロセスにより行われることを特徴とする可動構造体製作方法。

【請求項4】 前記可動部形状加工工程が、前記化学的加工プロセスにより、可動部の外形形状に沿って、前記構造体材料層に所定の幅の溝を形成し、前記構造体材料層内に前記可動部形状を形成する工程を含む請求項1～3のいずれか記載の可動構造体製作方法。

【請求項5】 前記部品形状加工工程に用いられる化学的加工プロセスが、加工溶液中において、適切な形状を有する加工電極を前記部品材料層に対向して配置する工程と、

前記部品材料層と前記加工電極の間に適切な電圧を印加しながら、前記加工電極あるいは前記部品材料層の少なくとも一方を加工する形状に対応した経路で相対

的に移動させる工程を含む請求項4記載の可動構造体製作方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、金属工業、化学工業、電子工業、機械工業分野等において、センサやアクチュエータなどの可動部分を有する構造体を製作する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、可動部分を有する構造体を製作する方法としては、機械加工技術や放電加工技術等の種々の加工技術を利用して、その構造体を構成する部品を製作し、その後、部品を組み立てることにより製作する方法が一般的であった。これらの部品の製作を行う場合、機械加工技術を利用した方法では、切削工具を用いて、切削工具と加工材料のいずれかを回転させ、同時に切削工具と加工材料を接触させることにより加工材料の不要部分を除去して、最終的に所望の形状となった部品を得ていた。一方、放電加工技術を利用した方法では、所望の加工形状に対応した先端形状を有する加工電極を製作し、加工電極と加工材料との間を所定の距離に調節して、両者の間にパルス状の放電を繰り返し生じさせることにより加工材料の不要部分を除去して所望の形状とし、部品を製作していた。

【0003】

また、このような方法とは別に、図2に示すように基板上に層状に堆積させた薄膜や厚膜をフォトリソグラフィーによりパターンニングする方法で可動部を形成する方法も一般的に用いられている。図2に示す方法により、可動部を形成する場合は次のような手順となる。

【0004】

まず、平面基板101の一部分に、基板101とは異種 material からなる犠牲層102を所定の厚みに堆積させる(図2(2))。さらに犠牲層102の上に、犠牲層102とは異種 material からなる、構造体材料層103を所定の厚みに堆積させる(図2(3))。続いて、構造体材料層103の所望の形状にパターンニングを行う。

【0005】



まず、フォトレジスト201を構造体材料層103上に塗布し(図2(4))、構造体材料層103に形成するパターンを有するフォトマスク202を介して、フォトレジスト201に光を照射し、フォトレジスト204を露光させる(図2(5))。その後、現像、リンス、ポストベーク等の工程を経ることにより、フォトレジスト202上に構造体材料層103をパターンニングするための、マスクパターンを形成する(図3(6))。この状態で、構造体材料層103を溶解させるエッチング液中に浸漬させ、構造体材料層103のうちフォトレジスト202で被覆されていない部分をエッチングする。構造体材料層103のフォトレジスト202で被覆されていない部分が貫通し、犠牲層102まで達した状態(図3(7))になったら、次に基板101と構造体材料103は溶解せず、犠牲層102のみを選択的に溶解させるエッチング液中に浸漬させ、図2(2)の工程で形成した犠牲層102を除去する(図3(8))。最後にフォトレジスト202を除去し、構造体材料層103内に、基板101とは固着しない可動部105を形成することができる(図3(9))。図3(9)に示した状態では、可動部105は四角を細い梁を介して構造体固定部106と接続されているだけなので、可動部105に外部から力が加わると、その力に応じた量だけ可動部105は基板101に対して相対移動することになる。このような構造は、例えば圧力センサや加速度センサに利用されている。

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかし、これらの可動構造体製作方法にはいくつかの問題点がある。まず、機械加工技術や放電加工技術等の種々の加工技術を利用して、その構造体を構成する部品を製作し、その後、部品を組み立てることにより製作する方法の場合には、部品を製作した後に組み立てるという作業が必要となるため、製作しようとする可動構造体の大きさが小さくなるにつれて、それを構成する部品のサイズも微小化し、組立を行う際に部品を破損したり、必要な精度を保って組立を行うことが不可能になったりする等の問題が発生してくる。このような問題を解決するためには、精密な位置決め動作が可能なマニピュレータを使用する等の対策を行う必要があり、製作コストが高くなってしまいうという問題があった。

#### 【0007】

次に基板上に層状に堆積させた薄膜や厚膜を、フォトリソグラフィーによりパ



ターニングする方法で可動部を形成する方法の場合は、前出の方法と比較した場合、組立作業を必要としないため、製作しようとする可動構造体が小型となった場合にも対応可能であるという点では優れている。

#### 【0008】

しかし、この方法の場合、構造体材料103の厚みが厚くなった場合には、図3(7)に示す構造体材料103のエッチング工程において、レジストパターンの下までエッチングされてしまう(アンダーカット)ことにより、パターンの形状精度が低下する、長時間エッチング液に浸漬することになるため、その期間エッチング液に対する耐性を有するレジスト材料が必要となる等の問題が生じる。このうち前者については、エッチング方向に異方性のある材料やエッチング溶液を用いるなどの方法をとることにより回避することも可能であるが、こうした場合は、構造体材料103にそのような性質を有する材料を用いなければならず、材料の選択の幅が狭くなってしまう。また、フォトレジスト202を所望のパターンに露光するためには、それに合わせたフォトマスク201をあらかじめ製作しておく必要があり、構造体材料103をその場で任意の形状に加工することはきわめて困難である。例えば、構造体材料103の形状を、加工後の特性から最適化しようとした場合には、事前に多くのフォトマスクパターンを作成しておく必要があり、最適な結果が得られるまでには、多くの時間とコストがかかるという問題が生じる。

#### 【0009】

そこで、本発明の可動構造体製作方法では、上記のような課題を解決するための手段を提供する。

#### 【0010】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明では、これらの課題を解決するために、以下のような方法を用いる。

#### 【0011】

本発明の可動構造体製作方法の概略を図1に示す。図1では、まず、基板101上に基板101とは異なる材料からなる犠牲層102を堆積させる(図1(2))。次に犠牲層102の一部を除去し、基板101の表面が露出した状態にする(図1(3))。ここで、基板101が露出した部分は最終的には構造体固定部106となる。次に犠牲層102の上

に、犠牲層102とは異なる材料からなる構造体材料層103を所定の厚みに堆積させる(図1(4))。

#### 【 0 0 1 2 】

続いて、この可動部構造体材料を所望の形状に加工するが、ここでは、フォトリソグラフィ法ではなく、図1(4)の状態にある基板を加工液中に浸漬し、電解加工法を利用して加工を行う。ここで使用する加工液には、可動部構造体材料のみを選択的に電解加工を行うのに適したものを選択する。次に、構造体材料層103を必要な加工精度・分解能で形状加工を行うのに適した先端部分の直径を有する加工電極104を構造体材料層103の加工部位に近接させ、加工電極104と構造体材料層103の間に適切な電圧を印加する。ここで印加する電圧は、構造体材料層103の種類や加工の形状によって、周波数や波形などを適切なものを選択する。さらに加工電極104と基板とを、加工電極104の先端が加工しようとする形状に沿うように相対的に移動させながら電圧を印加する。構造体材料層103の厚みが厚い場合には、電圧を印加しながら形状に沿って加工電極を移動させる工程を複数回繰り返す必要があり、その場合は、直前の工程によって構造体材料層103に溝が形成されているので、その溝の深さの分に応じて加工電極104先端と基板との距離を調節する。最終的に、構造体材料層103を目的とする形状で貫通する溝加工が行えた状態(図1(5))まで、この工程を繰り返す。

#### 【 0 0 1 3 】

その後、犠牲層102のみを選択的に溶解させるエッチング液中に浸漬させ、図1(2)の工程で形成した犠牲層102を除去する(図1(6))。犠牲層102のみを選択的に溶解させることで、可動部105が構造体材料103内に形成される。

#### 【 0 0 1 4 】

ここで説明した方法では、構造体材料層103内に形成した可動部105を基板101から分離するために犠牲層102を使用した。が、犠牲層102の代わりに、基板101との密着性は高いが、構造体材料層103との密着性があまり強くない材料を基板101上に堆積させ、これを剥離層として使用することで、電解加工後に可動部105を基板101から分離する方法を用いても同様の結果が得られる。

#### 【 0 0 1 5 】

なお、上記に記載した方法のうち、犠牲層102の形成、構造体材料層103の形成、剥離層の形成では、メッキなどの湿式のプロセスを用いると、電解加工と同一の装置内ですべての工程を実施することが可能となる。ただし、これに限定されるものではなく、真空蒸着、スパッタリング法、CVD法などの薄膜形成プロセスを用いても、同様の結果を得ることができる。

#### 【0016】

##### 【発明の実施の形態】

次に本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

#### 【0017】

##### 〔実施の形態1〕

図1は、本発明の部品製作法により、部品を製作する場合のプロセス工程の概略を示したものである。本実施の形態では、基板101にクロム平板を、犠牲層102に銅薄膜を、構造体材料層103にニッケル厚膜を使用した場合について説明する。

#### 【0018】

まず、基板101となるクロム平板を研磨し、シアン化銅を含む溶液中で電気メッキにより、その表面に、犠牲層102となる銅薄膜を形成する(図1(2))。このメッキに使用したメッキ浴は、通常用いられている一般的な銅メッキ浴を使用することが可能である。犠牲層102の厚みはできるだけ薄い方がよいが、ピンホールやメッキむらがあると、後の工程で構造体材料層と基板を分離することができなくなるため、0.5～数マイクロメートル程度の厚みとするのが好ましい。ただし、この範囲に限定されるものではない。次に図1(3)に示すように、犠牲層102の一部を除去し、基板101の表面を露出させる。この部分が最終的に、構造体材料層103と基板101が固着した構造体固定部106となる。なお、この工程の替わりに、犠牲層102を形成させる工程で、構造体固定部106となる基板101の表面が露出するように、犠牲層102を堆積させる方法を用いても、同様の結果が得られる。

#### 【0019】

次に、この犠牲層102となる銅薄膜の上に、スルファミン酸ニッケルを含む溶液中で、電気メッキすることにより、構造体材料層103となるニッケル厚膜を形

成する。この時のニッケル厚膜の膜厚は、目的とする可動部構造体の厚みと同一にする必要がある。本実施の形態では、形成する部品の厚みが比較的大きいため、内部応力の少ないメッキ膜が得られるスルファミン酸ニッケル浴を使用した。他の内部応力の少ない膜が形成できるメッキ浴を使用することも可能である。

#### 【0020】

また、部品の厚みが薄い場合には、材料層の厚みも薄くなるために、他のメッキ浴、例えば一般的に用いられるワット浴や塩化ニッケル浴等を使用することも可能である。

#### 【0021】

次に、加工電極104を用いて、構造体材料層103であるニッケル厚膜に目的とする可動部構造体の外形形状に沿って、所定の形状、幅、深さの溝加工を行う。その際に形成した溝の部分では、構造体材料層103を貫通し、犠牲層102が露出している必要がある。最後に、犠牲層102である銅薄膜のみを選択的に除去することにより、可動部105をクロム平板から分離させる。銅薄膜のみを選択的に除去する方法としては、ニッケルおよびクロムは溶解せずに銅のみを溶解させる溶液中に浸漬するか、銅のみが選択的に溶解する電圧を印加して電気化学的にエッチングすることにより行う。

#### 【0022】

本実施の形態では、基板101の材料としてクロム、犠牲層102の材料として銅、構造体材料層103としてニッケルを使用した。以下の条件を満たせば他の材料を使用することも可能である。

#### 【0023】

- ・基板101としては導電性を有するものであれば使用可能である。

#### 【0024】

- ・犠牲層102としては、導電性を有し、かつ基板101や構造体材料層103との密着性がよく、除去時には基板101や構造体材料層103に影響を及ぼさずに選択的に除去することが可能である材料であれば使用可能である。

#### 【0025】

- ・構造体材料層103については、最終的な構造体の厚みまで堆積が可能な材料

で、かつその一部を電気化学反応により、選択的に除去加工することができる材料であれば使用可能である。

#### 【0026】

さらに加工電極104については、導電性を有し、かつ加工溶液中において化学的に安定な材料で構成され、部品形状加工工程において目的とする形状に加工するに適した形状・サイズを有している必要がある。

#### 【0027】

##### [実施の形態2]

図4は、本発明の部品製作法により、部品を製作する場合の別プロセスの工程の概略を示したものである。本実施の形態では、基板101にニッケル平板を、構造体材料層103にニッケル厚膜を使用した場合について説明する。

#### 【0028】

まず、基板102となるニッケル平板を研磨し、重クロム酸カリウムの溶液中に浸漬し、表面に剥離層201を形成させる。この時、剥離層を基板102の表面全面ではなく、一部の領域のみに形成させ、残りの部分は基板102の表面が露出している状態にする。この基板102表面が露出している部分が、最終的に構造体材料層103と基板101が固着した構造体固定部106となるので、最終的な可動部105の形状に合わせた形状に剥離層401を形成することができればなお望ましい。また、剥離層401はニッケルが重クロム酸カリウムにより酸化されて形成したニッケル酸化膜であり、重クロム酸カリウム溶液中に浸漬している時間の長さによって、この上に形成される層の剥離のしやすさが変化するため、適切な浸漬時間を設定する。

#### 【0029】

次に、この剥離層401の表面に、スルファミン酸ニッケルを含む溶液中で、電気メッキにより、構造体材料層103となるニッケル厚膜を形成する。この時のニッケル厚膜の膜厚は、実施の形態1と同様、目的とする構造体の厚みと同一にする必要がある。また、条件が合致すればスルファミン酸ニッケル以外のメッキ浴が使用可能であることも、実施の形態1と同様である。

#### 【0030】



続いて、加工電極104を用いて、構造体材料層103であるニッケル厚膜に目的とする可動部構造体の外形形状に沿って、所定の形状、幅、深さの溝加工を行う。最後に、剥離層201の部分で、基板101から可動部105を機械的に剥離させ、可動部105が基板101に対して相対的に移動できるようにする。

#### 【 0 0 3 1 】

本実施の形態では、基板材料としてニッケル、部品材料層としてニッケルを使用した。以下の条件を満たせば他の材料を使用することも可能である。

#### 【 0 0 3 2 】

・基板101としては導電性を有し、表面を化学的に処理することにより、剥離層を形成することができる材料であれば使用可能である。

#### 【 0 0 3 3 】

・構造体材料層103については、最終的な構造体の厚みまで堆積が可能な材料で、かつその一部を電気化学反応により、選択的に加工することができる材料であれば使用可能である。

#### 【 0 0 3 4 】

加工電極 1 0 4 については、実施の形態 1 と同様の条件を満たす必要がある。

#### 【 0 0 3 5 】

##### [実施の形態3]

本実施の形態では、実施の形態 1、2 において、構造体材料層103を加工電極104で加工する際の具体的な手順について説明する。

#### 【 0 0 3 6 】

ここで使用する加工装置としては、例えば図5に示すようなものが利用可能である。図5において、加工対象501は、加工溶液が満たされた加工溶液容器502内に設置され、さらに加工対象物501と対向して加工電極104が設置されている。なお、ここでの加工対象501とは、構造体材料層103までが形成された基板を指す。

#### 【 0 0 3 7 】

加工溶液容器502は、その内部に設置された加工対象501と一体で、X軸およびY軸方向に移動させることが可能なXY軸ステージ503上に設置され、一方、加工電極104は、支持体を介してZ軸方向へ移動可能なZ軸ステージ504に設置されている。

。さらにXY軸ステージ503およびZ軸ステージ504は、制御装置505に接続されており、制御装置505からの座標位置、移動速度情報に基づき、加工対象501および加工電極104をそれぞれ任意の位置へ移動させることができる。

#### 【0038】

一方、加工対象501と加工電極104は、両者の間に任意の波形、周波数の電圧を印加することが可能なプログラマブル電源506に接続されている。このプログラマブル電源506には、ポテンショ／ガルバノスタットを使用することも可能である。

#### 【0039】

加工電極104は、一般的には棒状であり、加工形状に合わせた直径、長さ加工されている。また、加工分解能を向上させるために、加工電極104は、先端部の一部のみが露出し、その他の部分は絶縁体で被覆されている。加工電極104には、例えば、カーボン、タングステン、白金等の加工溶液中において化学的に安定な材料を使用することができる。

#### 【0040】

上記のような構成で加工を行う際は、まず、加工対象501と加工電極104との間の距離が所定の間隔になるように離間距離を制御し、次に、プログラマブル電源506により、加工対象501と加工電極104の間に所定の波形、周波数を有する電圧を印加しながら、同時に、加工電極104の先端が加工対象401上を製作する可動体構造の外形形状に沿って移動するように、制御装置505によりXY軸ステージ503を駆動する。

#### 【0041】

必要に応じて、加工対象501と加工電極104との距離を再調整した後、電圧印加しながら加工対象501を移動させる工程を数回繰り返す。これにより、構造体材料層に目的とする可動部の形状に沿った溝が形成される。

#### 【0042】

##### 〔実施の形態4〕

本実施の形態では、犠牲層102や剥離層401、および構造体材料層103の形成と、可動部の形状加工工程を同一の装置で行う場合の実施例について説明する。



ここで使用する加工装置としては、例えば図6に示すようなものが利用可能である。図6の構成の大部分は実施の形態3の場合と同様であるが、加工電極104として、メッキ用加工電極1041と形状加工用電極1042の二種類があり、加工電極切換え機構601により、使用する電極を選択できる点が異なる。

#### 【0043】

この装置を用いて実施の形態1に示す方法に従い、部品の製作を行う場合には、まず、加工溶液容器502内に犠牲層102のメッキ液を導入する。次に、加工電極切換え機構601により、メッキ用加工電極1041を加工対象の直上に配置させ、さらにZ軸ステージ504で、メッキ用加工電極1041と、加工対象501の間の距離が所定の間隔になるように離間距離を調整する。

#### 【0044】

次に、プログラマブル電源506により、加工対象501とメッキ加工用電極1041の間に所定の波形、周波数の電圧を、所定の時間印加することによって、所定の厚みの犠牲層103を基板101上に形成する。次に、加工溶液容器502内に犠牲層103を電気化学的にエッチングすることが可能な溶液を入れ、加工電極切換え機構601により、形状加工電極1042を選択し、さらに形状加工電極1042の先端を基板の加工部位に近接させる。さらに、形状加工用電極1042と基板101との間に、所定の波形、周波数の電圧を印加させた状態で、両者を相対的に移動させることで犠牲層103のパターニングを行い、構造体固定部106の部分に基板101の表面が露出するように加工する。

#### 【0045】

続いて、加工溶液容器502内を構造体材料層103のメッキ液に交換し、また、加工電極切換え機構601でメッキ用加工電極1042を選択して、犠牲層102の形成の場合と同様の手順により、犠牲層102の上に構造体材料層103を形成する。構造体材料層103が形成されたら、再び加工電極切換え機構601により、形状加工用電極1042を選択して、以後は実施例3で示した工程にしたがって、構造体材料層103に必要な加工を行う。

#### 【0046】

最後に、犠牲層102の除去を、犠牲層102のみが選択的に溶解する電圧を印加し

て、電気化学的にエッチングすることにより行う場合は、再度、加工電極切換え機構501によりメッキ加工用電極1041に切換え、メッキ加工用電極1041と加工対象501の間に電圧を印加することで除去を行うことも可能である。

#### 【0047】

図6に示す装置を用いて、実施の形態2に示す方法で加工を行う場合にも、上記に準じた方法を適用することが可能である。この場合は、犠牲層102をメッキする替わりに、加工溶液容器502内に剥離層401を形成するための表面処理溶液を導入し、所定の時間、加工対象401を浸漬させるという工程を実施する。また、剥離層401をパターンニングし、基板101の表面を露出させることが必要な場合には、剥離層401の形成後、加工溶液容器502に剥離層401を除去するための加工液を導入し、加工電極切換え機構601により、形状加工用電極1042を選択する。そして、形状加工用電極1042と基板101との間に、所定の波形、周波数の電圧を印加させた状態で、両者を相対的に移動させることで剥離層401のパターンニングを行い、構造体固定部106の部分に基板101の表面が露出するように加工すればよい。

#### 【0048】

##### [実施の形態5]

本実施の形態では、可動部105の形状がより複雑な場合について説明する。図7および図8は、本発明の可動構造体製作方法により、くし歯型アクチュエータの構造体を形成する方法を示したものである。ここでは、基板101にクロム平板を、犠牲層102に銅薄膜を、構造体材料層103にニッケル厚膜を使用し、実施の形態4で説明した図6に示す加工装置を用いた。

#### 【0049】

まず、基板101の全表面に犠牲層102となる銅薄膜を、シアン化銅を含む溶液中での電気メッキにより形成した。表面を研磨したクロム基板を加工対象501として、加工溶液容器502中に設置しシアン化銅溶液を満たす。加工電極切換え機構601により、メッキ用加工電極1042を選択し、これをシアン化銅溶液中で加工対象501と対向して配置させた状態で、適切な波形、周波数をもつ電圧、あるいは直流電圧を印加し、クロム基板上に適切な膜厚の銅薄膜を形成する(図7(2))。次に、加工溶液容器502内を銅の電解エッチング液に交換し、また、加工電極切換え

機構601により形状加工用電極1041を選択する。ここでは、硝酸ナトリウムを含む水溶液などが電解エッチング液として使用することが可能である。

#### 【0050】

形状加工用電極1041と加工対象501との間の距離が所定の間隔になるように離間距離を制御し、次に、プログラマブル電源506により、加工対象501と形状加工用電極1041の間に所定の波形、周波数を有する電圧を印加しながら、同時に、制御装置505によりXY軸ステージ503を駆動する。この工程により、犠牲層102の一部に構造体固定部106を形成する(図7(3))。

#### 【0051】

続いて加工溶液容器502内をニッケルメッキ液に交換し、加工電極切換え機構601により、メッキ用加工電極1042を選択する。メッキ用加工電極1042をニッケルメッキ液中で加工対象501と対向して配置させた状態で、適切な波形、周波数をもつ電圧、あるいは直流電圧を印加することにより、犠牲層102上に適切な膜厚の構造体材料層103であるニッケル厚膜を形成する(図8(4))。

#### 【0052】

さらに加工溶液容器502内をニッケルの電解エッチング液に交換し、加工電極切換え機構601により、形状加工用電極1041を選択する。実施の形態3に示す工程により、構造体材料層103に所定のパターンの溝加工を行う(図8(5))。この加工工程では、不要な構造体材料層をすべて除去する必要はなく、構造体材料の部品固定部と切り離すように溝を形成すれば、この後の犠牲層除去の工程において、不要な構造体材料層も一緒に除去することができる。このことは、本発明の可動構造体形成方法では、電解加工による構造体材料層の形状加工に要する時間を最小限に短縮できることを示している(図8(6))。

#### 【0053】

最後に加工溶液容器502内に犠牲層102である銅薄膜をエッチングするための溶液を導入し、銅薄膜のみを選択的に除去することで、可動部を有する構造体が完成する。

#### 【0054】

#### 【発明の効果】

本発明の可動構造体製作方法によれば、

・機械加工法等を用いた場合と異なり、部品の組立工程が不要であるため、製作しようとする可動構造体の大きさが小さくなっても、組立を行う際の部品の破損や、必要な精度を保って組立を行うことが不可能になったりする等の問題が発生しない。

#### 【0055】

・基板上に層状に堆積させた薄膜や厚膜をパターニングする方法で可動部を形成するが、このパターニングにフォトリソグラフィーではなく、電解加工法を用いるため、パターニングする構造体材料の厚みが厚くなった場合にも、アンダーカットによりパターンの形状精度が低下する問題や、長時間エッチング液に浸漬することによるフォトレジストの耐久性の問題等を回避することができる。

#### 【0056】

・基本的にはその場で任意の可動部の形状を選択できるため、フォトリソグラフィー法を利用する場合のように、あらかじめその形状に合わせたマスクを製作しておく必要がない。このため、実際に加工をしながら、形状の最適化を行う場合等には、低コストで短時間で結果を得ることができる。

#### 【0057】

・犠牲層や剥離層、構造体材料層の形成、および犠牲層の除去プロセスに、湿式プロセスを使用すれば、すべての工程を単一の装置で行うことが可能であり、短時間、低コストで可動構造体の製作を行うことができる。また、工程の自動化も単一の装置で済むため、比較的容易に実現できる。

#### 【0058】

などの、従来の可動構造体製作方法での問題を解決する効果が得られる

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明の可動構造体製作方法の実施の一形態の加工工程を示す模式図である。

##### 【図2】

従来の可動構造体製作方法の一例の加工工程を示す模式図である。

##### 【図3】

従来の可動構造体製作方法の一例の加工工程の続きを示す模式図である。

【図 4】

本発明の可動構造体製作方法の別の実施の形態の加工工程を示す模式図である。

【図 5】

本発明の可動構造体製作方法で用いる加工装置の一例を示す模式図である。

【図 6】

本発明の可動構造体製作方法で用いる加工装置の別の構成の一例を示す模式図である。

【図 7】

本発明の可動構造体製作方法で、複雑な形状の可動部を形成する場合の加工工程を示す模式図である。

【図 8】

本発明の可動構造体製作方法で、複雑な形状の可動部を形成する場合の加工工程の続きを示す模式図である。

【符号の説明】

- 101 基板
- 102 犠牲層
- 103 構造体材料層
- 104 加工電極
- 105 可動部
- 106 構造体固定部
- 401 剥離層
- 501 加工対象
- 502 加工溶液容器
- 503 XY軸ステージ
- 504 Z軸ステージ
- 505 制御装置
- 506 プログラマブル電源

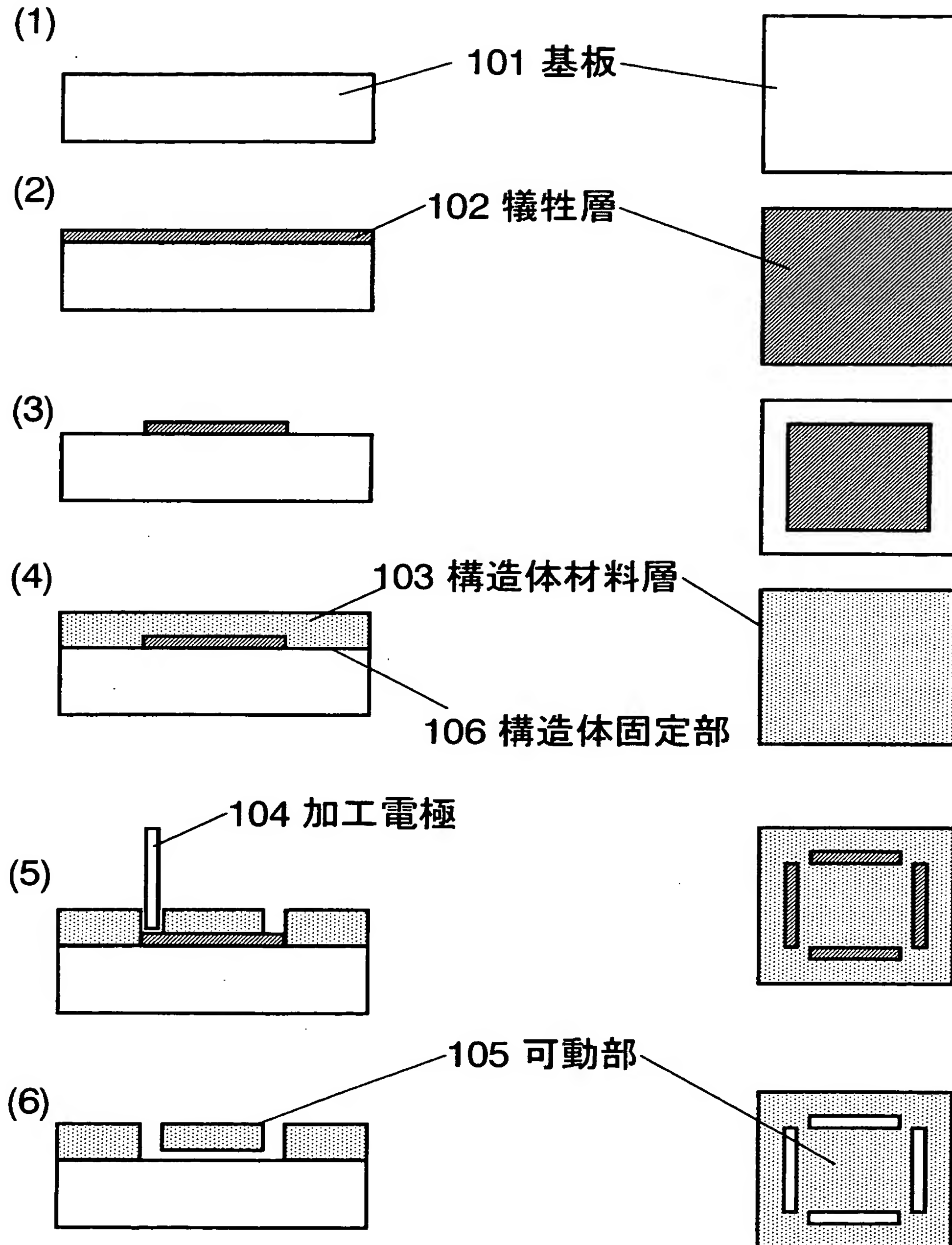
601 加工電極切換え機構

1041 メッキ用加工電極

1042 形状加工用電極

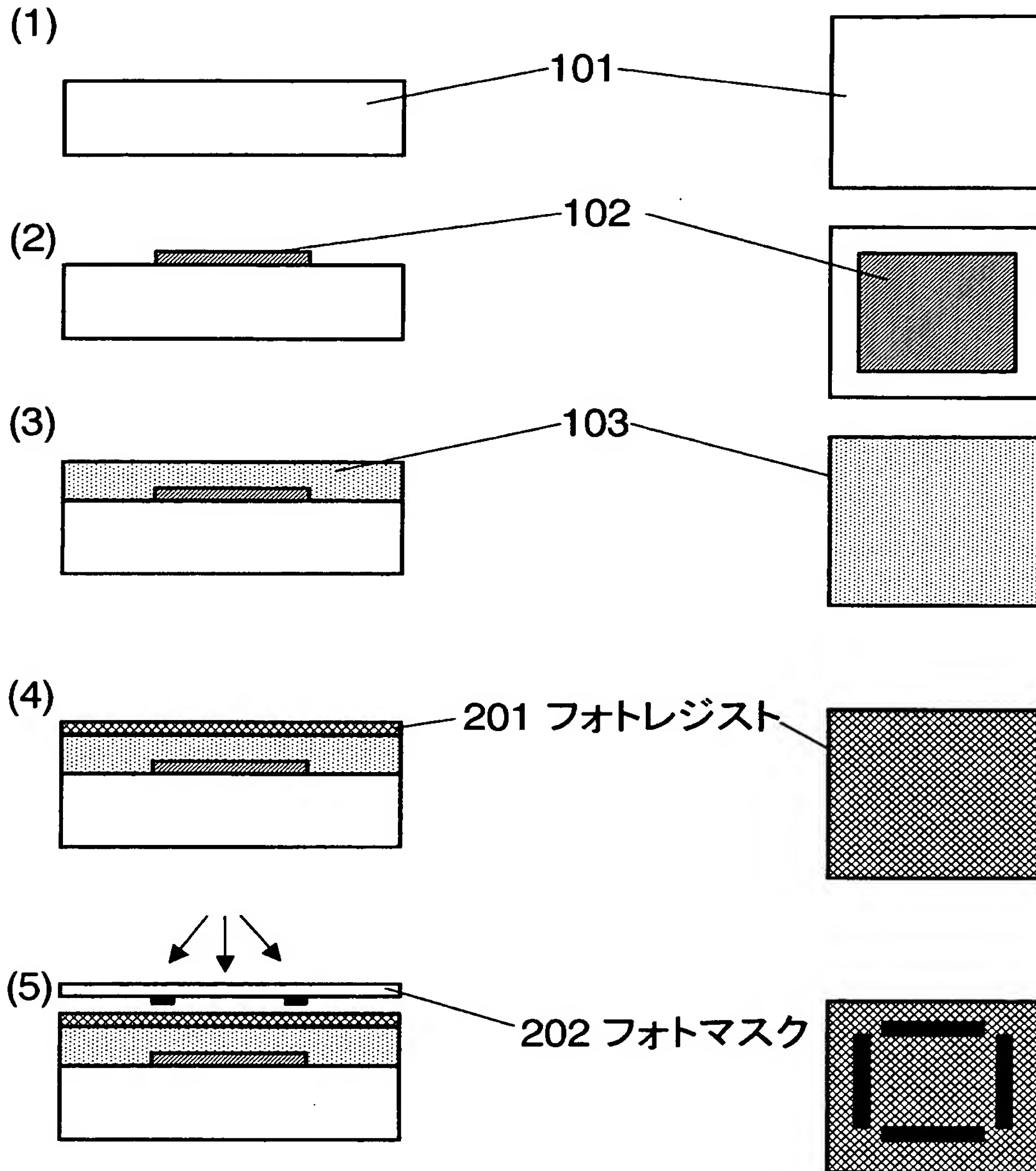
【書類名】 図面

【図 1】



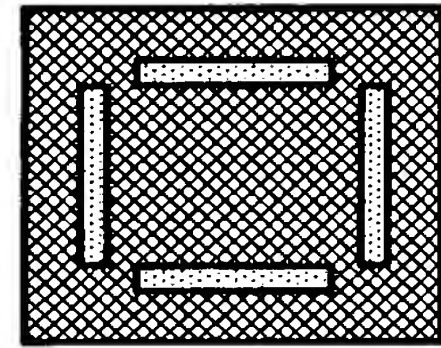
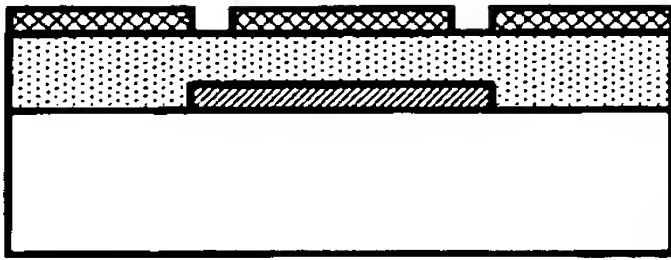


【図 2】

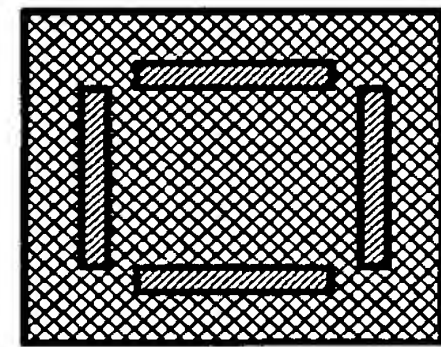
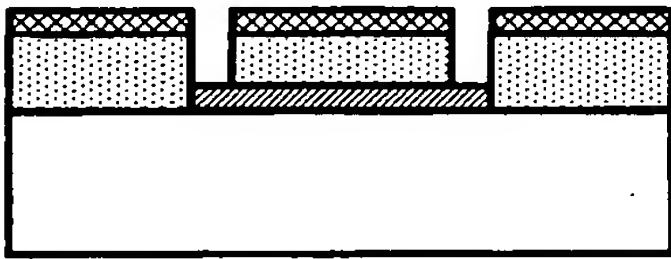


【図 3】

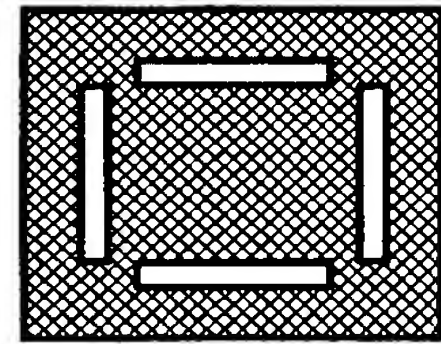
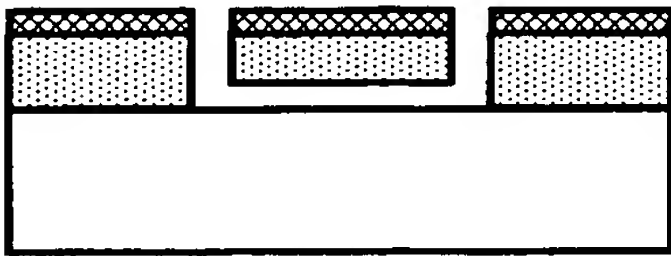
(6)



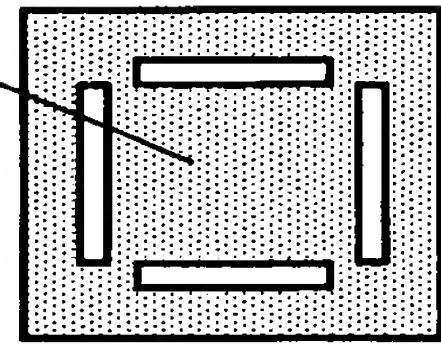
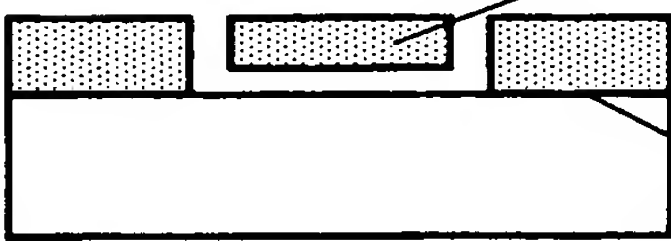
(7)



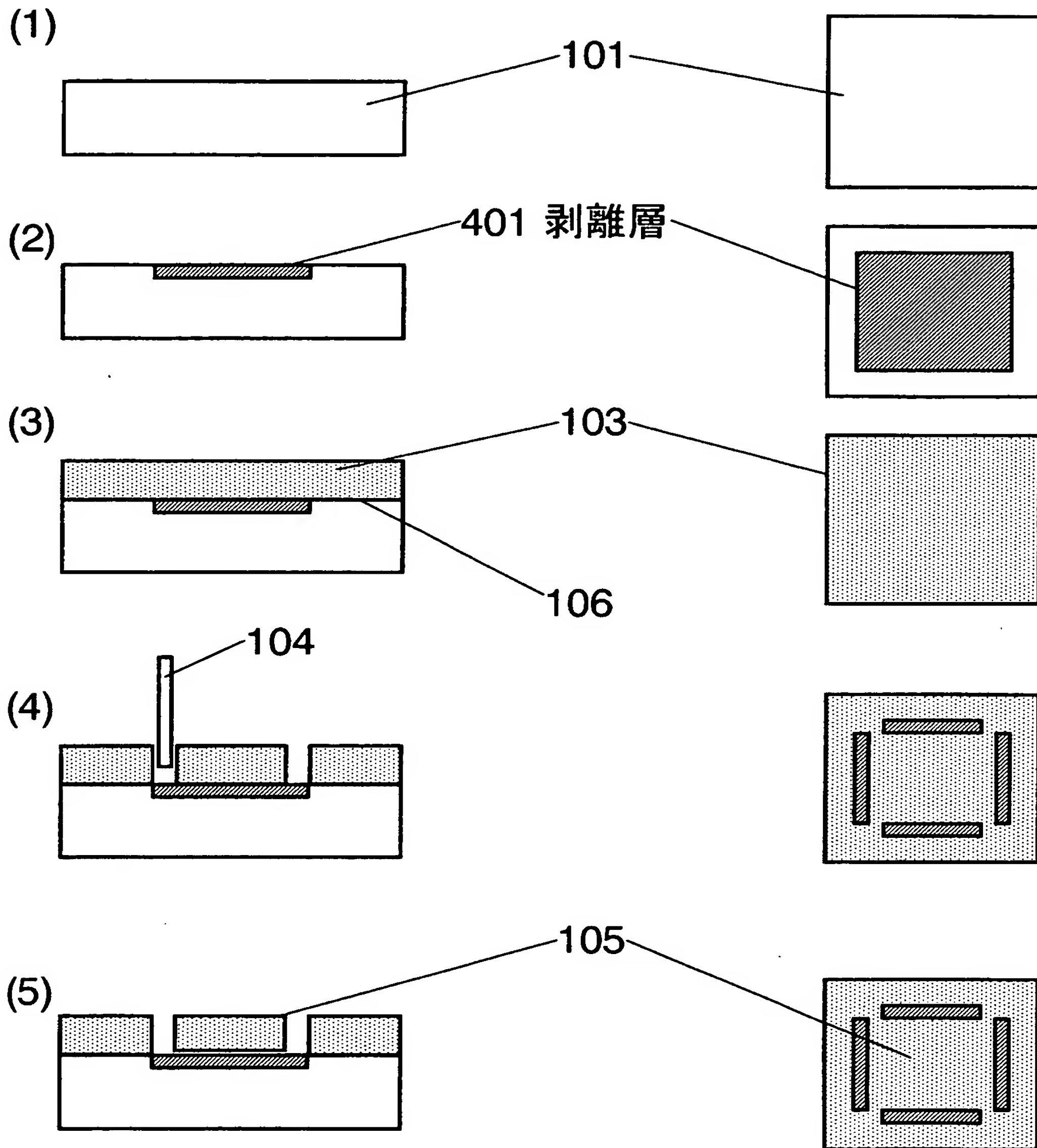
(8)



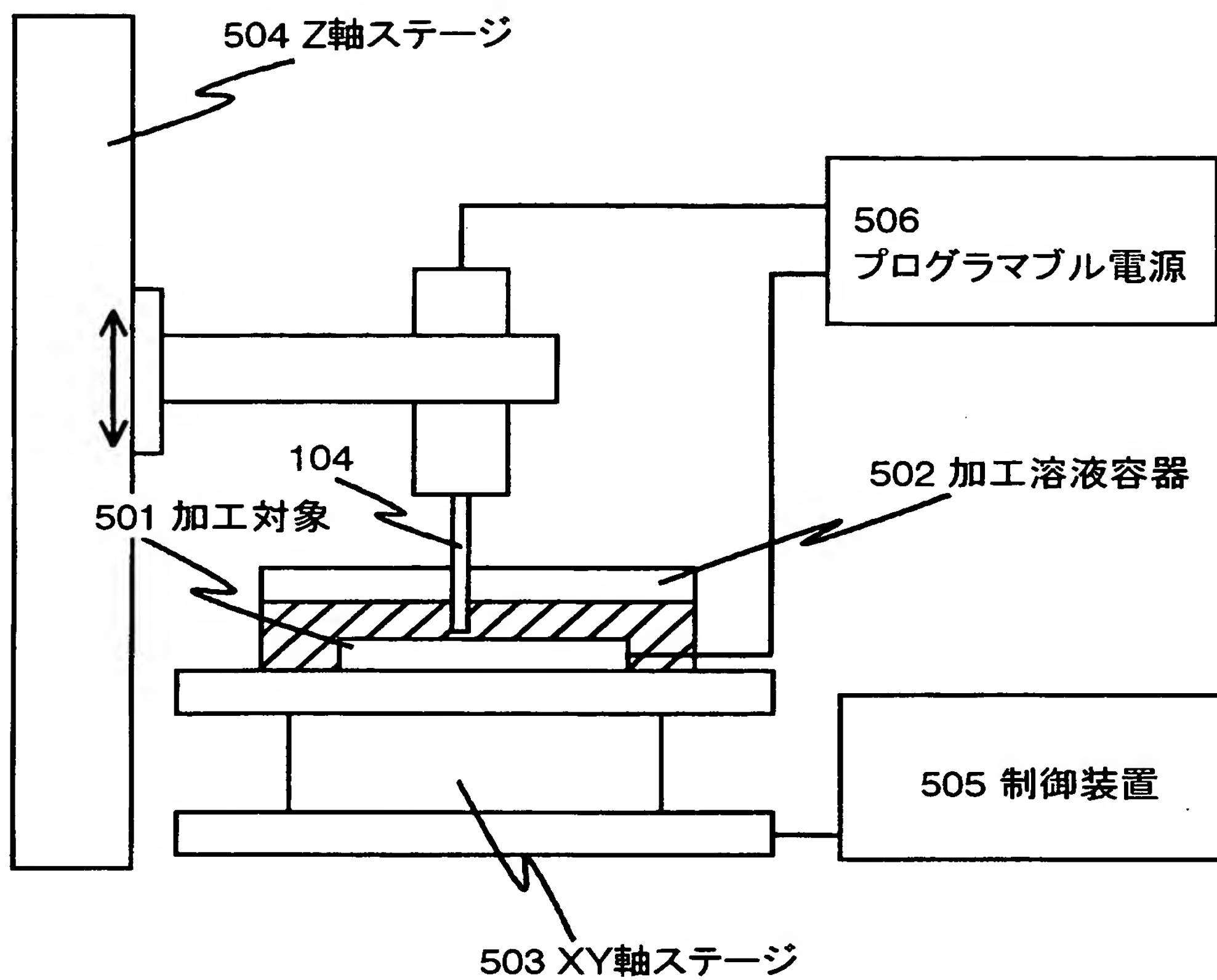
(9)



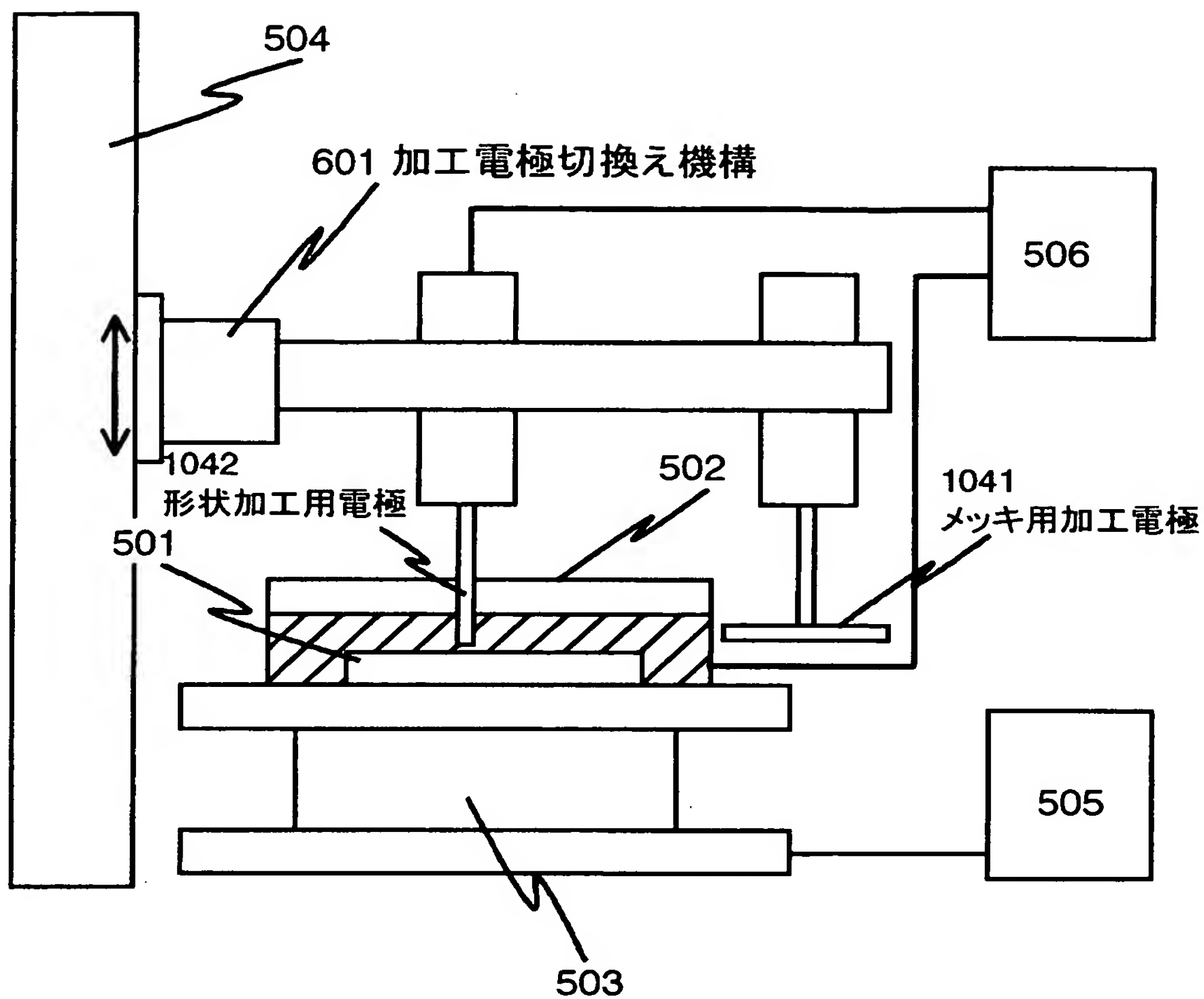
【図 4】



【図 5】

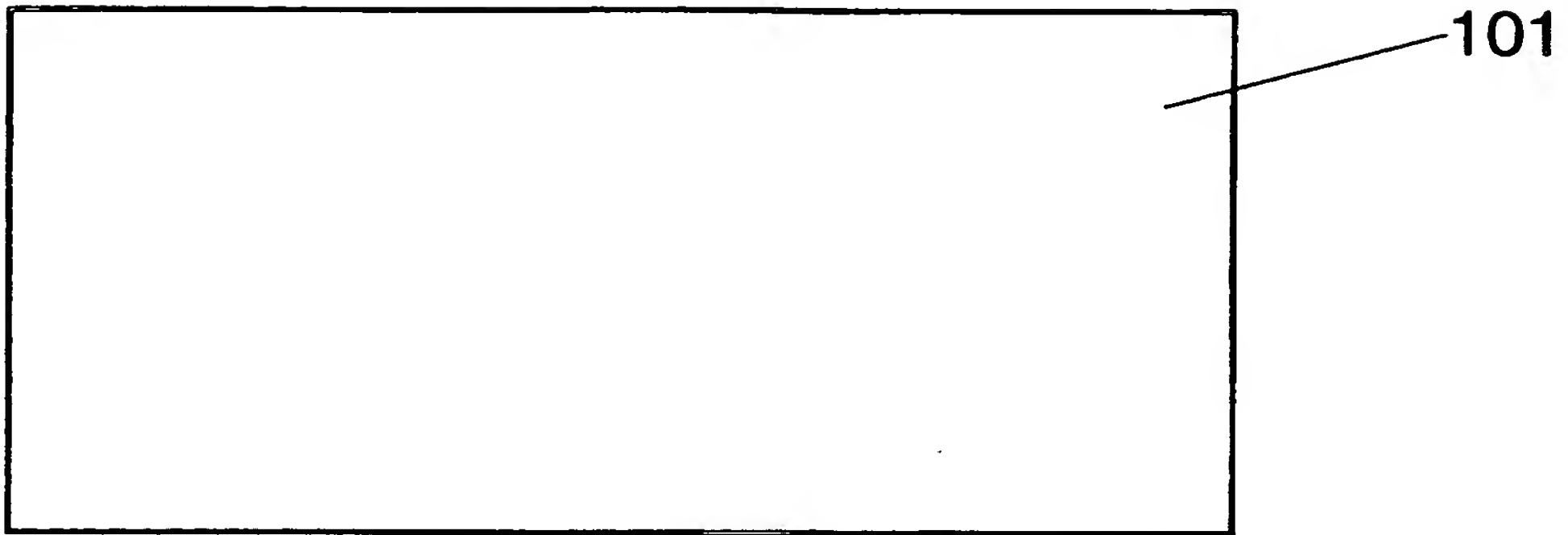


【図 6】

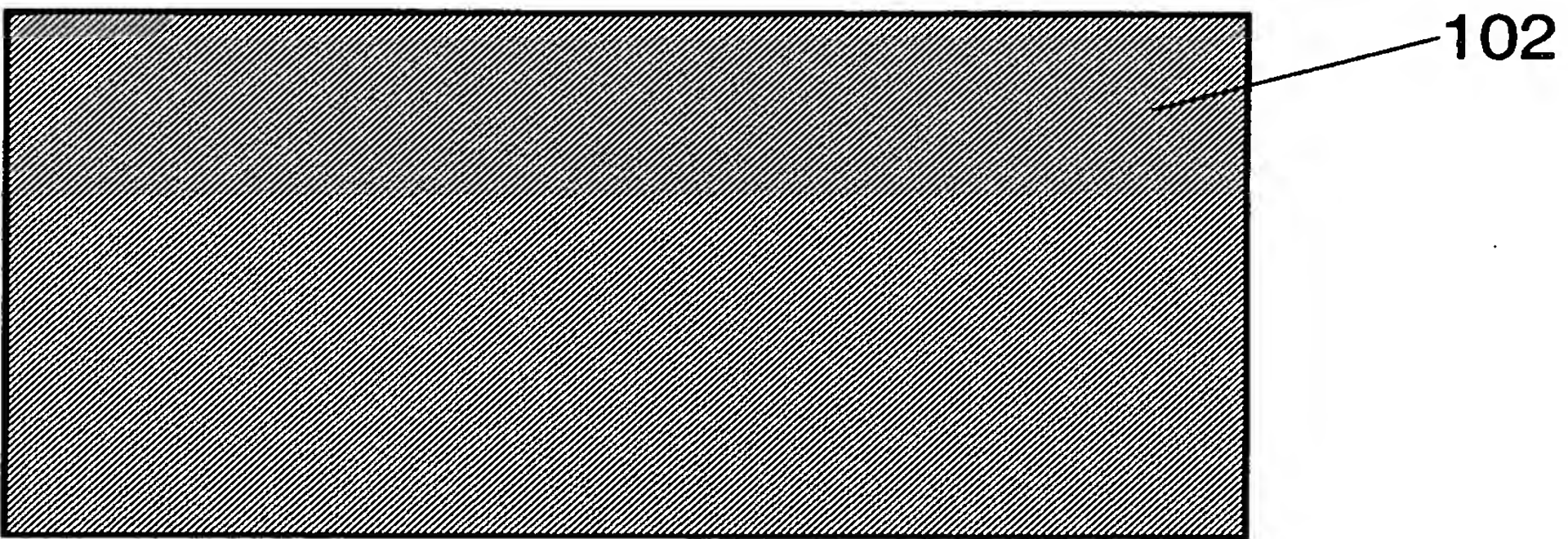


【図 7】

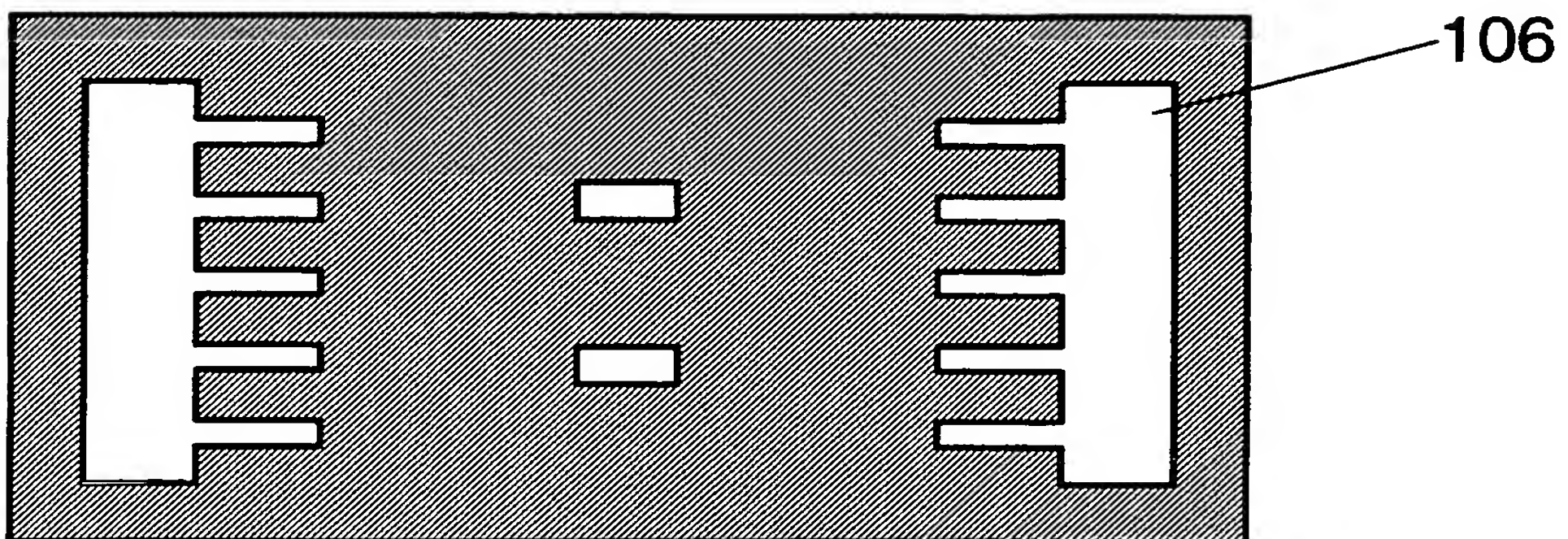
(1)



(2)



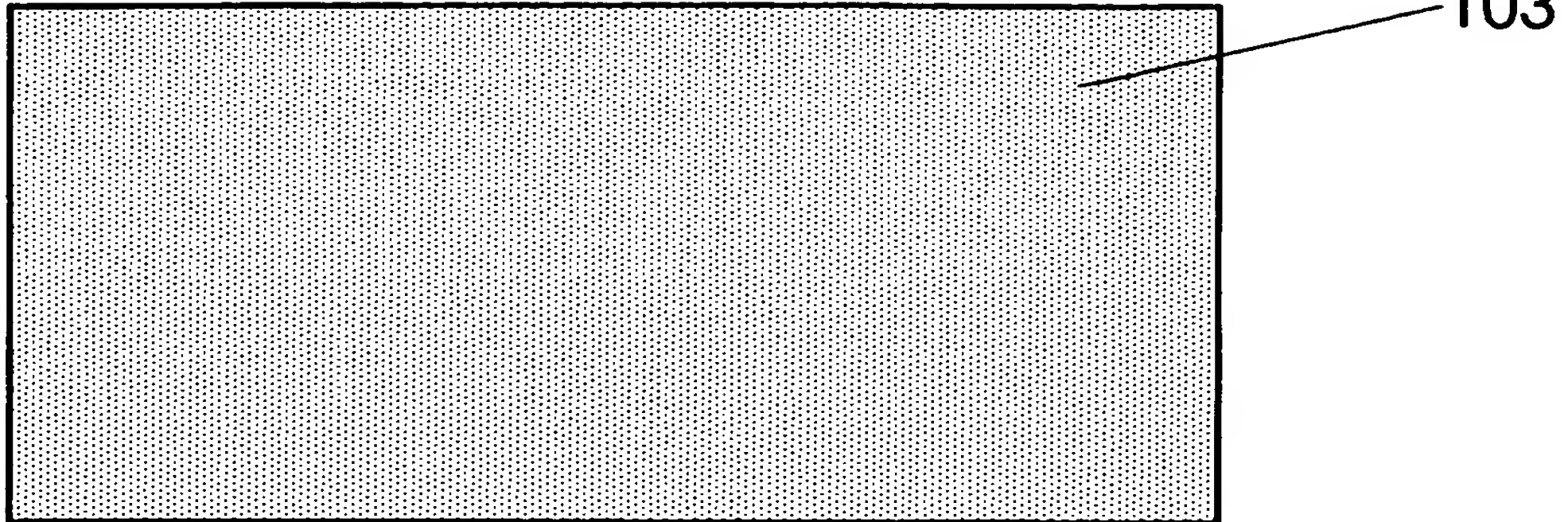
(3)



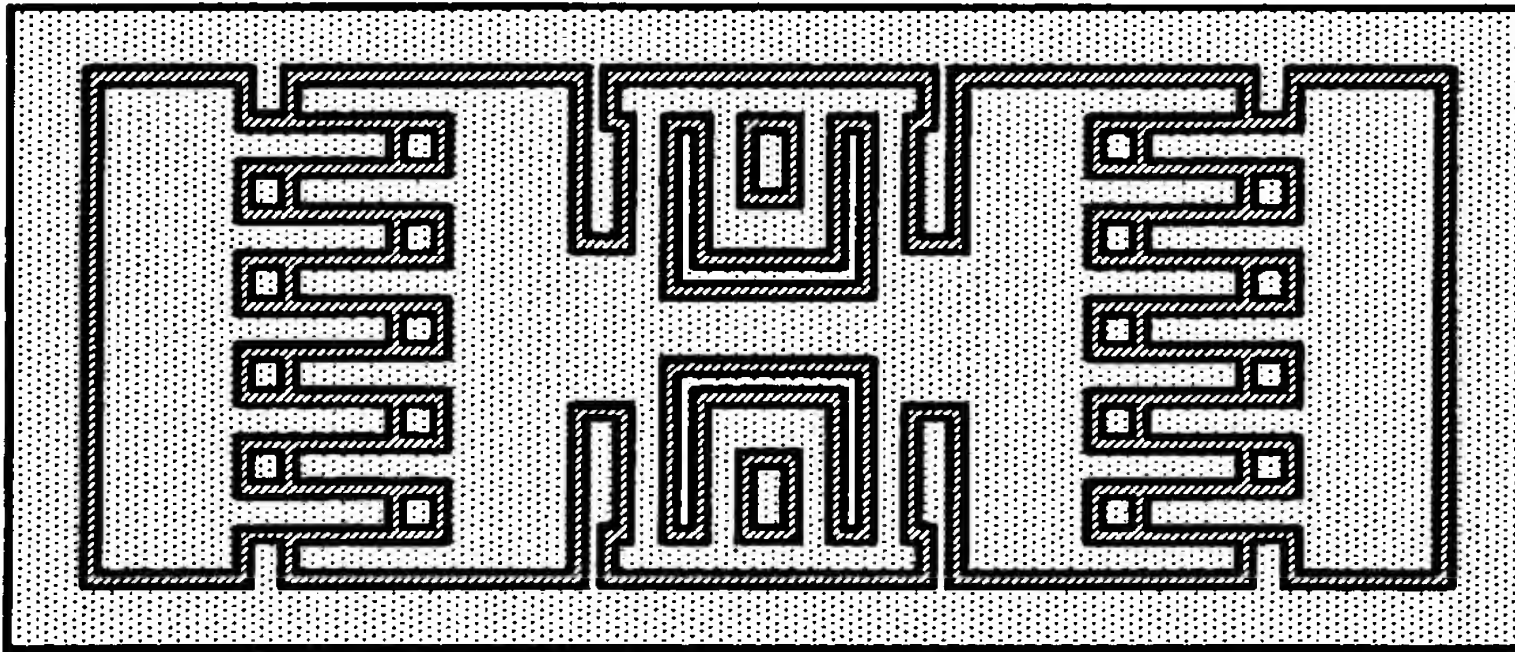


【図 8】

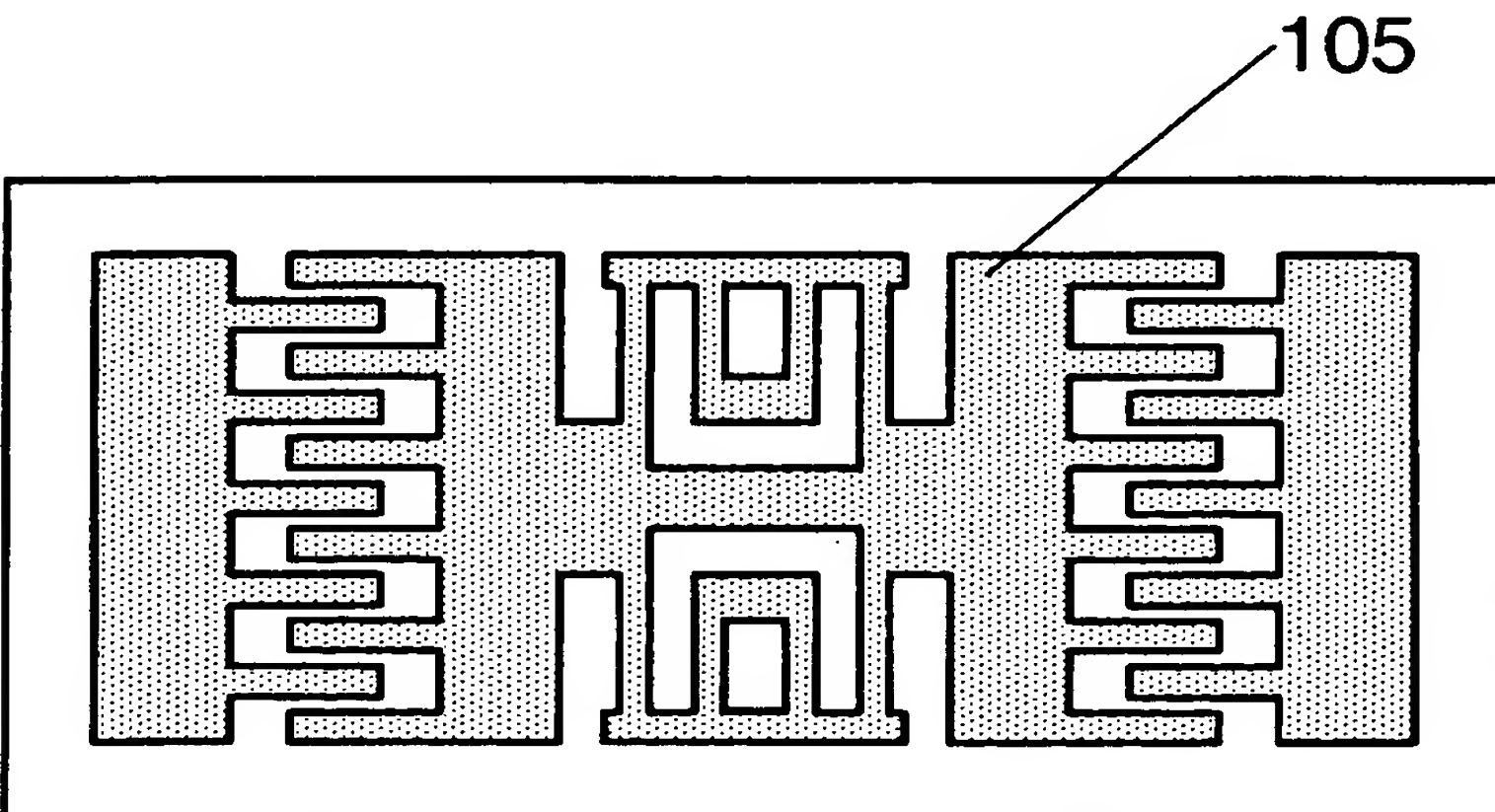
(4)



(5)



(6)





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 微細な可動構造体を製作するにあたって、形状精度を低下させず、マスクと必要としない、又、短時間で低コストの製作方法を提供する。

【解決手段】 基板上に犠牲層や剥離層を介して構造体材料層を形成し、この構造体材料層を可動部形状に沿って、電気化学的に溝加工を実施、その後、犠牲層を選択的に除去、あるいは剥離層から可動部を機械的に分離することにより、可動部を有する構造体を製作する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 1 - 2 0 0 3 0 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 2 3 2 5 ]

1. 変更新月日	1 9 9 7 年 7 月 2 3 日
[変更新理由]	名称変更新
住 所	千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地
氏 名	セイコーインスツルメンツ株式会社